

基于动态递归神经网络的航煤比重在线估计

曾文华

(杭州电子工业学院计算机分院, 浙江 杭州 310037)

摘要: 针对常压塔航煤比重在线质量仪表存在滞后大、易出现故障的缺点, 提出了运用动态递归神经网络, 根据实测的温度、流量、压力等过程参数, 在线估计航煤比重, 为比重质量闭环控制提供了基础。

关键词: 动态递归神经网络; 常压塔; 比重; 航空煤油; 在线估计

On Line Estimation of Aviation Kerosene Specific Gravity Based on Diagonal Recurrent Neural Network

ZENG Wen-hua

(School of Computer Science, Hangzhou Institute of Electronic Engineering, Hangzhou 310037, China)

Abstract: In accordance with that on-line specific gravity quality instrument of aviation kerosene in atmospheric distillation tower exists the shortcoming of long time delay and easy trouble, the on-line estimation of aviation kerosene specific gravity based on diagonal recurrent neural network is proposed in this paper. The input variables of neural network are temperature, flow, press, which can be measured. The estimation of aviation kerosene specific gravity provides foundation for quality closed control.

Key words: diagonal recurrent neural network (DRNN); atmospheric distillation tower; specific gravity; aviation kerosene; on line estimation

1 引言

炼油厂常压塔一线产品通常多是航空煤油, 比重作为反映油品轻重的一个重要指标, 在常压塔航煤产品质量控制中起着十分关键的作用。通常为了对航煤比重进行实时闭环控制, 常压塔一般都安装有在线比重质量仪。但是, 在线比重仪一方面价格昂贵 (一般在 5 万元左右), 另一方面存在滞后时间长 (通常为 20min 左右)、易出现故障等缺点。因此使用在线比重仪虽然能构成质量实时闭环控制, 效果往往不够理想。

如果能根据实测的常压塔温度、流量、压力等工艺操作参数在线估计航煤比重质量信息, 并基于比重估计值构成实时质量反馈控制, 将有助于提高常压塔的质量控制水平。这就是通常所说的产品质量软测量和基于软测量的推断控制问题^[1~2]。

考虑到航煤比重与有关的温度、流量、压力之间具有动态特性关系, 本文提出了采用动态递归神经网络来实现比重的在线估计。

2 动态递归神经网络的结构和学习算法

在动态递归神经网络中, Elman 网络^[3~4]具有结构简单、能辨识高阶动态系统的特点。图 1 为一个修改的 Elman 动态递归神经网络结构示意图。

网络的外部输入为 $u(k-1) = \{u_1(k-1), u_2(k-1), \dots, u_r(k-1)\}$, 输出为 $y(k)$ (为了不失一般性, 这里仅考虑 MISO 系统的情况, 所有结果都可以推广到 MIMO 系统), 隐层节点的输出为 $x(k) = \{x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)\}$, 结构单元的输出为 $x_c(k) = \{x_{c1}(k), x_{c2}(k), \dots, x_{cn}(k)\}$ 。

根据图 1, 可列出以下各式:

$$x(k) = f(wx_c(k) + w^2u(k-1)) \quad (1)$$

$$x_c(k) = x_c(k-1) + x(k-1) \quad (2)$$

$$y(k) = g(w^3x(k)) \quad (3)$$

式中, $w = \{w_{i,j}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, r\}$

$$w^2 = \{w_{i,l}^2, i = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, r\}$$

$$w^3 = \{w_i^3, i = 1, 2, \dots, n\}$$

上述改进的 Elman 动态递归神经网络的 BP 学习算法 (采用变步长的 BP 学习算法) 为:

$$w_i^3 = 0 \quad x_i(k) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$w_{i,l}^2 = \frac{h}{i} u_l(k-1) \quad i = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, r \quad (5)$$

$$w_{i,j} = 0 \quad w_i^3 \frac{\partial x_i(k)}{\partial w_{i,j}} \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

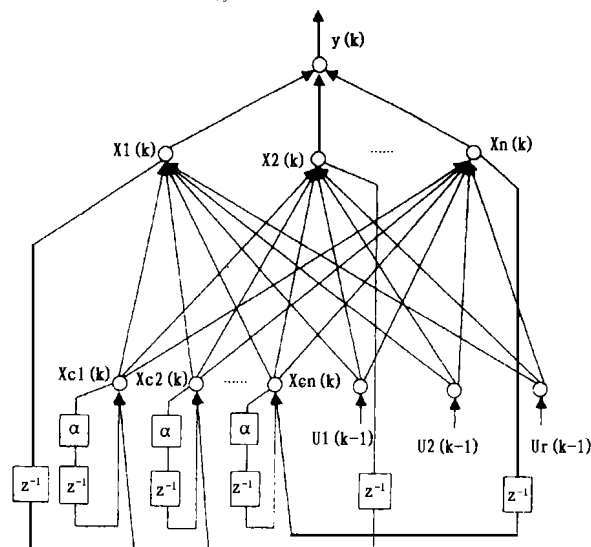


图 1 修改的 Elman 动态递归神经网络结构示意图

收稿日期: 2000-08-29。

作者简介: 曾文华 (1964 -), 男, 江苏省兴化市人, 博士, 副教授, 主要从事工业过程模型化和优化控制、计算机先进控制、智能控制等方面的研究。

$$\frac{\partial x_i(k)}{\partial w_{i,j}} = f_i(\cdot) x_j(k-1) + \frac{\partial x_i(k-1)}{\partial w_{i,j}}$$
$$i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n \tag{7}$$
$$0 = (y_d(k) - y(k)) g(\cdot) \tag{8}$$
$$h_i = 0 w_{ij}^3 f_i(\cdot) \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{9}$$

3 航煤比重的在线估计

影响常压塔航煤产品比重的因素很多，根据主成分回归分析^[5]和工艺操作经验，最后确定影响比重的输入变量有 9 个，具体含义如表 1 所示。

表 1 影响航煤比重的主要输入变量

变量序号	变量工艺位号	变量含义
1	TR-201	塔顶温度
2	PR-201	塔顶压力
3	TR-202	常一线（航煤）抽出温度
4	FR-230	常底汽提蒸汽
5	FR-231	常一线（航煤）汽提蒸汽
6	TR-203	常二线（柴油）抽出温度
7	FR-220/（FR-201+FR-220）	塔顶冷回流比
8	FR-202/（FR-101+FR-102）	常一线（航煤）产品收率
9	TR-102 *（FR-110+FR-111+FR-110+FR-111）	常压塔进料热量

上述输入变量中，变量 1~6 是生产过程直接检测的温度、流量、压力，而变量 7 为塔顶冷回流比，变量 8 为航煤产品收率，变量 9 为常压塔进料热量，变量 7~9 为直接检测的温度、流量变量的某种代数运算，这样选取自变量主要是根据工艺机理和操作经验确定的。

采用修改的 Elmam 动态递归神经网络实现航煤比重的在线估计。外部输入变量有 9 个（ $r=9$ ）。隐层节点数的选择采用试凑法，试凑的准则是在估计误差最小和学习收敛速度最快两者之间进行权衡，最后确定隐层节点数 $n=17$ 。

由于航煤比重与输入变量之间存在时间滞后，根据工艺操作经验，滞后时间约 20min 左右。因此，在根据现场得到的一批数据（包括 9 个输入变量和 1 个输出变量即航煤比重，共 300 组）进行神经网络训练与测试时，必须考虑上述滞后的因素，即某一时刻（如 8:00）的输入变量应对应延时 20min 后（即 8:20）的输出变量。

图 2 给出了用 150 组数据中的 100 组（2/3 的数据）进行训练后，神经网络输出与实测的航煤比重的比较曲线。图 3 给出了采用修改的 Elmam 动态递归神经网络在生产现场实际使用的效果（在线预估值与在线比重分析仪分析值的比较结果）。

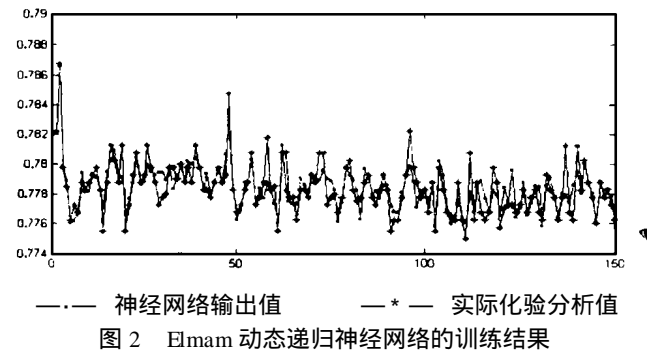
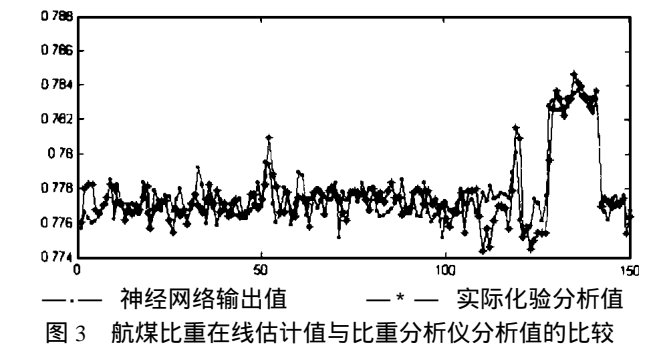


图 2 Elmam 动态递归神经网络的训练结果



4 航煤比重实时估计神经网络的在线修正

由于实际生产过程千变万化，基于某一批操作数据训练的神经网络不可能在所有的情况下都取得较好的估计效果。因此，必须利用航煤比重质量仪的分析数据对上述神经网络进行在线修正。所谓神经网络的在线修正即对神经网络进行重新训练（学习），判断神经网络是否需要重新训练，可以通过一个估计误差计算模型来自动确定，也可以由操作人员根据比重估计值与比重质量仪分析值人为确定。估计误差计算模型通过计算某一固定长度的估计值与分析值误差平方和看其是否超过规定值，若是，则需要对神经网络进行重新训练。估计误差的计算公式如下：

$$MSEP = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y(t+i \cdot T) - y(t+i \cdot T))^2$$

式中， $MSEP$ (Mean Square Error of Prediction)为预测均方误差， t 为当前时间， T 为采样周期（一般取 $T=30s$ ），为比重质量仪的滞后时间（通常 $=20min$ ）， N 为误差计算长度，取 $N=300$ 。

航煤比重神经网络的在线自动修正系统框图如图 4 所示。当常压塔的生产方案、处理量、进料原油性质有较大改变时，往往需要对比重估计模型进行人工干预，即此时神经网络必须重新进行训练，以适应新的操作工况。

5 结束语

比重是常压塔航煤产品的一个重要质量指标，虽然一些炼油厂常压塔配置了航煤比重在线质量分析仪，但由于比重仪存在价格贵、滞后大和易出现故障等缺点，使基于比重仪的闭环质量控制难以取得较好的效果。根据工艺实测的温度、流量、压力及其某种组合（如收率、回流比、进塔热量等），运用神经网络在线估计航煤比重，估计值不存在时间滞后，且可以连续运行，从而为质量反馈控制打下良好的基础。

参考文献：
[1] 孙欣，王金春，何声亮. 基于神经网络的过程软测量[J]. 自动化学报, 1996, 17(9): 7-10.
[2] 陈荣，徐用懋，兰鸿森. 软测量仪表在常压蒸馏塔质量估计中的应用[J]. 浙江大学学报, 1996, 30(增刊): 408-409. (下转第 53 页)

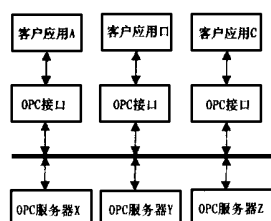


图 2 具有多个 OPC 服务器的应用结构

要包括数据存取规范、报警和数据处理规范以及历史事件存取规范。数据存取服务器一般包括服务器、组和数据单元三种对象。OPC 服务器对象负责维护服务器的信息,而且是 OPC 组对象的容器。组对象维护自己的信息并提供容纳和逻辑上组织 OPC 数据单元的架构。数据单元(对象)提供与数据源的连接。与数据单元相对应的是一个值(value)、品质(quality)和时间标签(time stamp)。值是 VARIANT 类型,其品质与现场总线的规定类似。需要指出的是数据项并不是数据源,而仅仅是与它们的连接。关于报警和事件处理规范,它明确了特定事件和报警条件下通知 OPC 客户应用的机制。它为 OPC 客户提供的功能有:确定 OPC 服务器支持的事件类型,得到特定事件发生的信息;还有 OPC 服务器实现存取和操作的条件。历史数据存取规范所支持的服务器类型主要有:简单的趋势数据服务器,复杂的数据压缩和分析服务器。

OPC 另外一个重要特点就是实现即插即用,即采用标准方式配置硬件和软件接口。系统中的信息也可以很方便地分散到众多支持 OPC 的软件应用当中,如维护、监督、操作显示和文档管理等应用。

OPC 为应用程序和驱动程序提供了三种层次上的接口:服务器(Server)、组(Group)和项(Item)。一个服务器对应于一个 OPC 服务器,即一种设备的驱动程序。在一个服务器中,可以有若干组,组可以是全局(public)或局域(local)的。组是应用程序组织数据的一个单位。全局组对所有连接在服务器上的应用程序都有效,而局域组只能对建立它的客户(client)有效。在一个组中,可以有若干个项。项是读写数据的最小逻辑单位,一个项与一个具体的位号相连。项不能独立于组而存在,必须隶属于某一个组。

3 OPC 服务器的接口

对一个 OPC 服务器而言,一般需要提供下列接口:

- (1) IUnknown: COM 标准接口。
- (2) IOPCServer: OPC 服务器的一个接口,通过它可以管理服务器的组。这一接口是必需的,而且它的函数必需都能够实现。使用该接口可以增加或删除一个组以及其他的管理信息。
- (3) IOPCServerPublicGroups (可选): 全局组的管理接口。
- (4) IOPCBrowseServerAddressSpace (可选): 通过它们可以得到该服务器下项的 ID。
- (5) IPersistFile (可选): 标准 OLE 接口。该接口可以使客户端保存或打开服务器的配置文件。
- (6) IOPCServerDisp: 自动接口,可以管理下面的组。其方法有增加组、删除组、保存配置文件等。
- (7) IOPCServerPublicGroupsDisp (可选): 自动接口,管理全局组。
- (8) IOPCBrowseServerAddressSpaceDisp (可选): 自动接口,可以得到服务器项的 ID。

4 组(Group)的接口

组是管理应用程序和驱动程序通讯的数据组织单位,它提供以下接口:

- (1) IUnknown: COM 标准接口。
- (2) IOPCItemMgt: 在组中可以利用它增加、删除以及对

项的其他操作。

(3) IOPCGroupStateMgt: 可以利用它对组的状态进行管理,如改变数据更新速度、活动状态等。

(4) IOPCPublicGroupStateMgt (可选): 可以利用全局组的状态进行管理,可以把一个局域组变成全局组。

(5) IOPCSyncIO: 同步读写操作。

(6) IOPCAsyncIO: 异步读写操作,必须在客户端有 IAdviseSink 接口,重载其 OnDataChange() 函数。

(7) IDataObject: 通过该接口可以用异步方式传送数据。

(8) IOPCItemMgtDisp: 自动接口,相当于 IOPCItemMgt,在组中可以利用它进行增加、删除以及对象的其他操作。

(9) IOPCGroupStateMgtDisp: 自动接口,相当于 IOPCGroupStateMgt,可以利用它对组的状态进行管理,如改变数据更新速度和活动状态。

(10) IOPCSyncIODisp: 自动接口,相当于 IOPCSyncIO,同步读写操作。

(11) IOPCAsyncIODisp: 自动接口,相当于 IOPCAsyncIO,异步读写操作。

(12) IOPCPublicGroupStateMgtDisp (可选): 自动接口,相当于 IOPCPublicGroupStateMgt,可以利用全局组的状态进行管理,可以把一个局域组变成全局组。

5 项(Item)的接口

项是应用程序和驱动程序之间通讯的最小逻辑单位,其接口如下:

- (1) IUnknown: COM 标准接口。
- (2) IOPCItemDisp: 通过该接口可以得到项的有关参数,如 ID、句柄等。

6 结束语

随着计算机控制技术的发展,计算机与外围设备之间的接口变得越来越复杂,一个统一的接口显得十分必要。OPC 的目的是从网络节点上获取数据,它允许客户程序从不同的 OPC 服务器甚至运行在不同节点上的服务器存取数据。其基础是微软公司在 PC 机中采用的组件技术 OLE/COM。把这一技术引进过程控制系统,使得 OPC 成为自动化系统、现场设备与工厂办公管理应用程序之间的有效联络工具,相互之间的数据交换得以简捷化和标准化,极大地方便了硬件开发商、软件开发商和最终用户,必将在目前的 DCS 系统和将来的 FCS 系统中发挥极大的作用。

参考文献:

- [1] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [3] 李凉. SCADA 新技术—OPC 研究. 微计算机信息[J]. 2000, 16(3).

(上接第 51 页)

- [3] Pham D T, Liu X, Neural Networks for Prediction and Control [M]. London: Spinger - Verlag London Limited, 1995.
- [4] 孙增圻, 张再兴, 邓志东. 智能控制理论与技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [5] Mejdell T, Skogestad S. Estimation of Distillation Compositions from Multiple Temperature Measurements Using Partial - Least - Squares Regression [J]. Ind Eng Chem Res, 1991, 30(12): 2543 - 2555.